

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 26 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

CUMENT DE PRIORITÉ

ÉSENTÉ OU TRANSMIS
ONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

ESTABLISSEMENT PUBLIC NATIONAL

ETABLISSEMENT PUBLIC NATIONAL

CREE PAR LA LOI N° 51-444 DU 19 AVRIL 1991

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 17 OCT 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0212925 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 17 OCT. 2002 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BREVATOME 3 rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B 14194.3/JCI DD 2377			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE RECONSTRUCTION D'UNE IMAGE A PARTIR D'UN JEU DE PROJECTIONS PAR APPLICATION D'UNE TRANSFORMÉE EN ONDELETTE.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement public de caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN		
Code APE-NAF		
Adresse	Rue	31-33 rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752	PARIS 15ème
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE 17 OCT 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0212925 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		OB 540 W / 260899	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>			B 14194.3/JCI DD 2377		
6 MANDATAIRE					
Nom			RICHARD		
Prénom			Patrick		
Cabinet ou Société			BREVATOME 422.5/S002		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			7068 du 12.06.98		
Adresse	Rue	3 rue du Docteur Lancereaux			
	Code postal et ville	75008	PARIS		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			01.53.83.94.00		
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			01.45.63.83.33		
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			brevets.patents@brevaalex.com		
7 INVENTEUR (S)					
Les inventeurs sont les demandeurs			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
8 RAPPORT DE RECHERCHE			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance			Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) P. RICHARD 422-5 S/002				VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. BLANCANEUX	

PROCÉDE DE RECONSTRUCTION D'UNE IMAGE À PARTIR D'UN JEU DE PROJECTIONS PAR APPLICATION D'UNE TRANSFORMÉE EN ONDELETTE

5

DESCRIPTION

Le sujet de cette invention est un procédé de reconstruction d'une image à partir de jeux de projections de cette image et en appliquant une transformation en ondelette.

10

Les procédés de tomographie consistent à examiner un objet inanimé ou un être vivant par un réseau de détecteurs mobiles qui prend une série de vues en tournant autour de lui. Ces vues sont des projections de la propriété permettant d'exprimer l'image (normalement une absorption d'un rayonnement traversant l'objet ou une scintillation d'un corps radioactif ingéré par l'objet), c'est-à-dire des sommes de la propriété le long de lignes traversant l'objet et définies par la collimation des détecteurs. Chaque

15 détecteur mesure une projection de l'image à chaque vue. Quand un nombre suffisant de vues et de projections a été pris, on procède à l'inversion des résultats pour obtenir la valeur de la propriété à chaque point de l'objet ; cette inversion est

20 comparable à l'inversion d'un système d'équations de grandes dimensions et peut s'effectuer ouvertement par des méthodes algébriques, ou, plus fréquemment, par des méthodes analytiques par lesquelles on applique des opérations numériques successives aux projections sans

25 inverser directement le système. Un grand nombre de méthodes existent, parmi lesquelles on citera celle qui

30

PROCEDE DE RECONSTRUCTION D'UNE IMAGE A PARTIR D'UN JEU
DE PROJECTIONS PAR APPLICATION D'UNE TRANSFORMEE EN
ONDELETTE

5

DESCRIPTION

Le sujet de cette invention est un procédé de reconstruction d'une image à partir de jeux de projections de cette image et en appliquant une transformation en ondelette.

10

Les procédés de tomographie consistent à examiner un objet inanimé ou un être vivant par un réseau de détecteurs mobiles qui prend une série de vues en tournant autour de lui. Ces vues sont des projections de la propriété permettant d'exprimer l'image (normalement une absorption d'un rayonnement traversant l'objet ou une scintillation d'un corps radioactif ingéré par l'objet), c'est-à-dire des sommes de la propriété le long de lignes traversant l'objet et définies par la collimation des détecteurs. Chaque

15 détecteur mesure une projection de l'image à chaque vue. Quand un nombre suffisant de vues et de projections a été pris, on procède à l'inversion des résultats pour obtenir la valeur de la propriété à chaque point de l'objet ; cette inversion est

25 comparable à l'inversion d'un système d'équations de grandes dimensions et peut s'effectuer ouvertement par des méthodes algébriques, ou, plus fréquemment, par des méthodes analytiques par lesquelles on applique des opérations numériques successives aux projections sans

30 inverser directement le système. Un grand nombre de méthodes existent, parmi lesquelles on citera celle qui

de M. Grass, et al.
(Phy. Med. Biol., vol.
45, pp. 329-340, 1999)

est décrite dans le brevet français 2 615 619 qui est le premier de cette équipe de recherche, et le brevet français 2 810 141 plus récent qui présente quelques ressemblances avec le procédé qui sera décrit ici. On peut aussi citer un article ~~(donnez la référence complète)~~ de Grass. Ces opérations aboutissent à ce qu'on appelle la rétroprojection des mesures, c'est-à-dire au calcul de la valeur de la propriété prise à chacun des points de la ligne de la projection.

Il peut être avantageux de travailler avec des résultats exprimés dans le domaine fréquentiel de Fourier, comme le prouve le deuxième document. Des transformées numériques d'autre nature ont aussi été employées.

15 On se reportera aux figures 6, 7 et 8 pour une description concrète et schématique d'un procédé de prise de mesures tomographiques. Une source F de rayonnement et un système de détection 3 sont mobiles le long d'un cadre annulaire 2 à des positions
20 diamétralement opposées, et un rayonnement conique originaire de la source F atteint le système de détection 3 après avoir traversé l'objet 1 à étudier. La pièce essentielle du système de détection 3 est un réseau 4 bidimensionnel de détecteurs 5. Des
25 projections R de l'image tridimensionnelle de l'objet 1 sont mesurées par ceux des détecteurs 5 qui sont inclus dans un pourtour 15 de l'"ombre" de l'objet 1. Un nombre important de vues de ce genre est pris à autant d'angles θ différents d'orientation du réseau 4 des
30 détecteurs 5. Il est fréquemment considéré, conventionnellement pour les calculs, un réseau fictif

est décrite dans le brevet français 2 615 619 qui est le premier de cette équipe de recherche, et le brevet français 2 810 141 plus récent qui présente quelques ressemblances avec le procédé qui sera décrit ici. On
5 peut aussi citer un article (donnez la référence complète) ... de Grass. Ces opérations aboutissent à ce qu'on appelle la rétroprojection des mesures, c'est-à-dire au calcul de la valeur de la propriété prise à chacun des points de la ligne de la projection.

10 Il peut être avantageux de travailler avec des résultats exprimés dans le domaine fréquentiel de Fourier, comme le prouve le deuxième document. Des transformées numériques d'autre nature ont aussi été employées.

15 On se reportera aux figures 6, 7 et 8 pour une description concrète et schématique d'un procédé de prise de mesures tomographiques. Une source F de rayonnement et un système de détection 3 sont mobiles le long d'un cadre annulaire 2 à des positions
20 diamétralement opposées, et un rayonnement conique originaire de la source F atteint le système de détection 3 après avoir traversé l'objet 1 à étudier. La pièce essentielle du système de détection 3 est un réseau 4 bidimensionnel de détecteurs 5. Des
25 projections R de l'image tridimensionnelle de l'objet 1 sont mesurées par ceux des détecteurs 5 qui sont inclus dans un pourtour 15 de l'"ombre" de l'objet 1. Un nombre important de vues de ce genre est pris à autant d'angles θ différents d'orientation du réseau 4 des
30 détecteurs 5. Il est fréquemment considéré, conventionnellement pour les calculs, un réseau fictif

4' de détecteur 5' sur un plan de détection P_{det} qui est parallèle au réseau 4 réel et passe par le centre O du cadre 2. Des coordonnées p et q sont définies pour identifier les détecteurs 14 d'après leurs lignes et leurs colonnes. Des calculs de réarrangement, courants dans l'art, permettent de transposer les mesures d'un réseau 4 quelconque au réseau fictif 4' et d'appliquer les algorithmes de reconstruction à celui-ci.

Le brevet français 2 615 619 sera rappelé ici puisqu'il expliquait en détail quelles opérations numériques, notamment celles qui sont dites de filtrage et de rétroprojection, permettent d'obtenir l'image de l'objet à partir de ses projections ; des méthodes différentes existent cependant.

Le problème auquel on s'attaque ici est la réduction du temps ou du volume des calculs pour inverser le système des mesures.

On sait qu'il s'agit d'une des limitations les plus graves dans les procédés de tomographie, et de nombreux procédés nouveaux ont été conçus pour le même objectif que l'invention, dont celui du deuxième brevet cité.

L'idée exposée ici est d'exploiter les propriétés particulières d'une transformée numérique, dite décomposition en ondelette, des projections pour prévoir des emplacements de ~~projections~~ ^{rétroprojections} négligeables ou insignifiantes et de ne pas appliquer les calculs d'inversion à ces emplacements. Des perfectionnements offrent encore une plus grande réduction des calculs.

Sous sa forme la plus générale, l'invention concerne un procédé de reconstruction d'une image

4' de détecteurs 5' sur un plan de détection P_{det} qui est parallèle au réseau 4 réel et passe par le centre O du cadre 2. Des coordonnées p et q sont définies pour identifier les détecteurs 13 d'après leurs lignes et leurs colonnes. Des calculs de réarrangement, courants dans l'art, permettent de transposer les mesures d'un réseau 4 quelconque au réseau fictif 4' et d'appliquer les algorithmes de reconstruction à celui-ci.

Le brevet français 2 615 619 sera rappelé ici puisqu'il expliquait en détail quelles opérations numériques, notamment celles qui sont dites de filtrage et de rétroprojection, permettent d'obtenir l'image de l'objet à partir de ses projections ; des méthodes différentes existent cependant.

Le problème auquel on s'attaque ici est la réduction du temps ou du volume des calculs pour inverser le système des mesures.

On sait qu'il s'agit d'une des limitations les plus graves dans les procédés de tomographie, et de nombreux procédés nouveaux ont été conçus pour le même objectif que l'invention, dont celui du deuxième brevet cité.

L'idée exposée ici est d'exploiter les propriétés particulières d'une transformée numérique, dite décomposition en ondelette, des projections pour prévoir des emplacements de projections négligeables ou insignifiantes et de ne pas appliquer les calculs d'inversion à ces emplacements. Des perfectionnements offrent encore une plus grande réduction des calculs.

Sous sa forme la plus générale, l'invention concerne un procédé de reconstruction d'une image

*de jeu de projection
d'imagette*

- comprenant un série de décompositions successives des jeux de projections en ondelette donnant ~~des imagettes~~ *des jeux de projection* comprenant une approximation et des séries successives de détails homologues de chaque jeu, puis de rétroprojections ~~des imagettes~~ *des jeux de projection* en imagettes de l'image à reconstruire et une combinaison des imagettes à reconstruire par une inversion de décomposition en ondelette donnant ladite image, caractérisé en ce qu'il comprend, dans chacune des séries et successivement pour des imagettes de détails ayant un nombre croissant de points, une recherche de portions insignifiantes, jugées pour dépourvues de contenu, et une recherche de portions homothétiques des portions insignifiantes pour chacune des imagettes de détails qui suivent dans la série ; et en ce qu'il comprend une omission des rétroprojections pour toutes ~~les portions insignifiantes et toutes les portions homothétiques.~~ *les portions insignifiantes et les portions homothétiques*
- L'art antérieur comprend un exemple de reconstruction d'une image par une décomposition en ondelette (US - 5'953 388 - A), qui cependant est appliquée là pour reconstruire une portion seulement de l'image, en exploitant la propriété de "localité" de la décomposition, qui n'est guère sensible aux autres portions de l'image, qu'on peut ainsi négliger dans les calculs.

L'invention sera maintenant décrite plus concrètement et complètement en liaison aux figures suivantes :

- 30 - la figure 1 illustre une décomposition d'image en ondelette,

comprenant un série de décompositions successives des jeux de projections en ondelette donnant des imasettes des jeux de projection, comprenant une approximation et des séries successives de détails homologues de chaque jeu, puis de rétroprojections des imasettes des jeux de projection en imasettes de l'image à reconstruire et une combinaison des imasettes à reconstruire par une inversion de décomposition en ondelette donnant ladite image, caractérisé en ce qu'il comprend, dans chacune des séries et successivement pour des imasettes de détails ayant un nombre croissant de points, une recherche de portions insignifiantes, jugées pour dépourvues de contenu, et une recherche de portions homothétiques des portions insignifiantes pour chacune des imasettes de détails qui suivent dans la série ; et en ce qu'il comprend une omission des rétroprojections pour toutes les portions insignifiantes et toutes, les portions homothétiques.

L'art antérieur comprend un exemple de reconstruction d'une image par une décomposition en ondelette (US - 5 953 388 - A), qui cependant est appliquée là pour reconstruire une portion seulement de l'image, en exploitant la propriété de "localité" de la décomposition, qui n'est guère sensible aux autres portions de l'image, qu'on peut ainsi négliger dans les calculs.

L'invention sera maintenant décrite plus concrètement et complètement en liaison aux figures suivantes :

- la figure 1 illustre une décomposition d'image en ondelette,

- les figures 2, 3 et 4 illustrent certains aspects de l'invention,

- la figure 5 illustre un organigramme résumant une réalisation complète du procédé,

5 - la figure 6 illustre un dispositif de principe du procédé,

- et les figures 7 et 8 illustrent plus en détail le procédé et certaines rotations employées.

10 Nous commencerons par exposer la transformation d'un signal par une décomposition en ondelette. Plusieurs modèles d'ondelettes existent, qui ont en commun d'être comparables à un filtre passe-bas. Le signal est séparé en deux portions dont l'une, associée aux basses fréquences, peut être tenue pour
15 une approximation du signal, alors que l'autre, associée aux hautes fréquences, exprime plutôt ses détails. Une propriété des ondelettes est que les portions peuvent contenir chacun une moitié des points du signal si bien qu'il n'y a pas de perte
20 d'information par cette décomposition. La décomposition peut être faite dans le domaine direct d'expression du signal ou dans le domaine de Fourier.

25 Dans le cas de projections d'un objet examiné sur un réseau généralement bidimensionnel de détecteurs, les projections peuvent être groupées en jeux bidimensionnels d'après deux de leur coordonnées (en général p et q sur les axes d'un réseau de détecteurs). Toutefois, comme la figure 8 l'illustre, on considère le plus souvent des jeux de projections
30 réarrangées sur un réseau fictif de détecteurs. Dans l'exemple de la figure 8, on regroupe des projections

- les figures 2, 3 et 4 illustrent certains aspects de l'invention,

- la figure 5 illustre un organigramme résumant une réalisation complète du procédé,

5 - la figure 6 illustre un dispositif de principe du procédé,

- et les figures 7 et 8 illustrent plus en détail le procédé et certaines rotations employées.

Nous commencerons par exposer la
10 transformation d'un signal par une décomposition en ondelette. Plusieurs modèles d'ondelettes existent, qui ont en commun d'être comparables à un filtre passe-bas. Le signal est séparé en deux portions dont l'une, associée aux basses fréquences, peut être tenue pour
15 une approximation du signal, alors que l'autre, associée aux hautes fréquences, exprime plutôt ses détails. Une propriété des ondelettes est que les portions peuvent contenir chacun une moitié des points du signal si bien qu'il n'y a pas de perte
20 d'information par cette décomposition. La décomposition peut être faite dans le domaine direct d'expression du signal ou dans le domaine de Fourier.

Dans le cas de projections d'un objet examiné sur un réseau généralement bidimensionnel de
25 détecteurs, les projections peuvent être groupées en jeux bidimensionnels d'après deux de leur coordonnées (en général p et q sur les axes d'un réseau de détecteurs). Toutefois, comme la figure 8 l'illustre, on considère le plus souvent des jeux de projections réarrangées sur un réseau fictif de détecteurs. Dans
30 l'exemple de la figure 8, on regroupe des projections

Rx originaires d'un certain nombre de positions F_x successives de la source F du rayonnement, de manière que les projections aboutissant à une même colonne (à q constant) de détecteurs 5' du réseau fictif 4' soient
 5 originaires d'une même position F_x , et aussi que les plans de projections soient tous parallèles jusqu'aux positions F_x : on a alors transformé le problème d'une géométrie conique du rayonnement à une géométrie en éventails parallèles dont la résolution est plus simple.
 10 De plus, le réseau fictif 4' passe par le centre 0 de rotation et appartient donc au plan de détection P_{det} , ce qui facilite aussi les calculs.

*pour
reconstitution
en plan de
coupe*

15 L'invention pourrait encore être appliquée à des reconstructions de coupes de l'objet 1 à l'aide d'un réseau monodimensionnel de détecteurs (tous à la même coordonnée p_4). ~~On pourrait encore appliquer le principe exposé ci-dessus du réarrangement des projections d'une géométrie de rangement en éventail plan à une géométrie parallèle.~~ *pour la coupe dans le plan de coupe*

27
20

Le traitement des mesures réarrangées se fait en suivant les lignes de détecteurs 5' du réseau fictif 4', successivement pour tous les points.

25 Un signal peut être décomposé successivement en ondelette pour donner plusieurs niveaux de résultats. Les nouvelles décompositions ne concernent que la portion de l'ondelette qui donnait l'approximation du signal, la portion ou les portions qui donnaient les détails étant préservées.

30 Prenons comme exemple d'objet d'une décomposition en ondelette une image formée de cinq cercles dont un cercle extérieur et quatre cercles de

Rx originaires d'un certain nombre de positions Fx successives de la source F du rayonnement, de manière que les projections aboutissant à une même colonne (à q constant) de détecteurs 5' du réseau fictif 4' soient
 5 originaires d'une même position Fx, et aussi que les plans de projections soient tous parallèles jusqu'aux positions Fx : on a alors transformé le problème d'une géométrie conique du rayonnement à une géométrie en éventails parallèles dont la résolution est plus simple.
 10 De plus, le réseau fictif 4' passe par le centre 0 de rotation et appartient donc au plan de détection Pdet, ce qui facilite aussi les calculs.

L'invention pourrait encore être appliquée à des reconstructions de coupes de l'objet 1 à l'aide
 15 d'un réseau monodimensionnel de détecteurs (tous à la même coordonnée p4). On pourrait encore appliquer le principe exposé ci-dessus du réarrangement des projections d'une géométrie en éventail plan à géométrie parallèle.

20 Le traitement des mesures réarrangées se fait en suivant les lignes de détecteurs 5 du réseau fictif 4', successivement pour tous les points.

Un signal peut être décomposé successivement en ondelette pour donner plusieurs
 25 niveaux de résultats. Les nouvelles décompositions ne concernent que la portion de l'ondelette qui donnait l'approximation du signal, la portion ou les portions qui donnaient les détails étant préservées.

Prenons comme exemple d'objet d'une
 30 décomposition en ondelette une image formée de cinq cercles dont un cercle extérieur et quatre cercles de

diamètres différents, tous inscrits dans le premier. L'image de départ comprenait $n \times n$ points, et si on applique deux fois, une décomposition en ondelette de cette image selon le principe précédent, le résultat est donné à la figure 1.

La décomposition en ondelettes de l'image donne un ensemble d'imagettes, dont trois sont plus importantes que les autres, comprenant $n/2 \times n/2$ points chacune, et correspondent aux détails horizontaux, aux détails diagonaux et aux détails verticaux de l'image de départ à grande échelle ; elles sont notées respectivement Dh1, Dd1 et Dv1. Les détails horizontaux de l'image sont obtenus à partir des projections d'angles θ proche de 0 ou π , les détails verticaux à partir des projections d'angles θ proche de $\pi/2$ ou $3\pi/2$, et les détails diagonaux à partir des projections d'angles intermédiaires avec les conventions de la figure 1. Le reste de l'image est composé de quatre imagettes comprenant $n/4 \times n/4$ points chacune et dont trois sont des imagettes de détails horizontaux, diagonaux et verticaux à plus petite échelle, notées Dh2, Dd2 et Dv2, alors que la dernière imagette est une approximation notée AA de l'image de départ. Si on appelle ϕ et ψ les fonctions de décomposition d'une image ou d'une imagette en ondelette, la fonction ϕ donnant l'approximation et la fonction ψ les détails, les fonctions à appliquer à l'image de départ pour obtenir la décomposition de la figure 1 sont données par le tableau I.

$$AA : \phi(x_1) \phi(x_2) \phi\left(\frac{x_1}{2}\right) \phi\left(\frac{x_2}{2}\right)$$

diamètres différents, tous inscrits dans le premier. L'image de départ comprenait $n \times n$ points, et si on applique deux fois une décomposition en ondelette de cette image selon le principe précédent, le résultat
 5 est donné à la figure 1.

La décomposition en ondelettes de l'image donne un ensemble d'imagettes, dont trois sont plus importantes que les autres, comprenant $n/2 \times n/2$ points chacune, et correspondent aux détails horizontaux, aux
 10 détails diagonaux et aux détails verticaux de l'image de départ à grande échelle ; elles sont notées respectivement Dh1, Dd1 et Dv1. Les détails horizontaux de l'image sont obtenus à partir des projections d'angles θ proche de 0 ou π , les détails verticaux à
 15 partir des projections d'angles θ proche de $\pi/2$ ou $3\pi/2$, et les détails diagonaux à partir des projections d'angles intermédiaires avec les conventions de la figure 1. Le reste de l'image est composé de quatre imagettes comprenant $n/4 \times n/4$ points chacune et dont
 20 trois sont des imagettes de détails horizontaux, diagonaux et verticaux à plus petite échelle, notées Dh2, Dd2 et Dv2, alors que la dernière imagette est une approximation notée AA de l'image de départ. Si on appelle ϕ et ψ les fonctions de décomposition d'une
 25 image ou d'une imagette en ondelette, la fonction ϕ donnant l'approximation et la fonction ψ les détails, les fonctions à appliquer à l'image de départ pour obtenir la décomposition de la figure 1 sont données par le tableau I.

30 AA : $\phi(x_1) \phi(x_2) \phi\left(\frac{x_1}{2}\right) \phi\left(\frac{x_2}{2}\right)$

DIFFUSION RESTREINTE

$$Dv2 : \phi(x_1) \phi(x_2) \phi\left(\frac{x_1}{2}\right) \Psi\left(\frac{x_2}{2}\right),$$

$$Dd2 : \phi(x_1) \phi(x_2) \Psi\left(\frac{x_1}{2}\right) \Psi\left(\frac{x_2}{2}\right),$$

$$Dh2 : \phi(x_1) \phi(x_2) \Psi\left(\frac{x_1}{2}\right) \phi\left(\frac{x_2}{2}\right)$$

$$Dv1 : \phi(x_1) \Psi(x_2)$$

$$Dd1 : \Psi(x_1) \Psi(x_2)$$

$$Dh1 : \Psi(x_1) \phi(x_2)$$

5

10 *X*
4
L'invention consiste à effectuer la rétroprojection sur chacune des imagerie des jeux de projections décomposées en ondelette et à combiner les imagerie rétroprojetées par une inversion de la décomposition en ondelette pour obtenir l'image recherchée. La décomposition en ondelettes est propice à diverses simplifications qui accélèrent beaucoup les calculs. Ces simplifications sont faites entre la
15 décomposition et la combinaison.

20 La première d'entre elles concerne des filiations qu'on peut établir entre des détails homologues à des échelles différentes. On considère pour cela des séries d'imagerie donnant des détails de même nature. La figure 2 (qui illustre une décomposition d'une image ressemblant à celle de la figure 1, mais à trois niveaux de décomposition) illustre, pour les trois imagerie des détails horizontaux Dh1, Dh2 et Dh3, des portions homologues
25 J1, J2 et J3 qui occupent la même position et la même superficie relative sur chacune de ces imagerie et se déduisent ainsi l'une de l'autre par une homothétie géométrique dans leurs imagerie.

$$Dv2 : \phi(x_1) \phi(x_2) \phi\left(\frac{x_1}{2}\right) \Psi\left(\frac{x_2}{2}\right),$$

$$Dd2 : \phi(x_1) \phi(x_2) \Psi\left(\frac{x_1}{2}\right) \Psi\left(\frac{x_2}{2}\right),$$

$$Dh2 : \phi(x_1) \phi(x_2) \Psi\left(\frac{x_1}{2}\right) \phi\left(\frac{x_2}{2}\right)$$

$$Dv1 : \phi(x_1) \Psi(x_2)$$

$$5 \quad Dd1 : \Psi(x_1) \Psi(x_2)$$

$$Dh1 : \Psi(x_1) \phi(x_2)$$

L'invention consiste à effectuer la rétroprojection sur chacune des imageries des jeux de projections décomposées en ondelette et à combiner les imageries rétroprojetées par une inversion de la disposition en ondelette pour obtenir l'image recherchée. La décomposition en ondelettes est propice à diverses simplifications qui accélèrent beaucoup les calculs. Ces simplifications sont faites entre la décomposition et la combinaison.

La première d'entre elles concerne des filiations qu'on peut établir entre des détails homologues à des échelles différentes. On considère pour cela des séries d'imageries donnant des détails de même nature. La figure 2 (qui illustre une décomposition d'une image ressemblant à celle de la figure 1, mais à trois niveaux de décomposition) illustre, pour les trois imageries des détails horizontaux Dh1, Dh2 et Dh3, des portions homologues J1, J2 et J3 qui occupent la même position et la même superficie relative sur chacune de ces imageries et se déduisent ainsi l'une de l'autre par une homothétie géométrique dans leurs imageries.

On peut faire l'hypothèse que, pour la plupart des images rencontrées en pratique (à l'exception notamment des images texturées), si une portion telle que J3 a un contenu insignifiant, c'est-à-dire qui ne révèle rien par rapport aux valeurs significatives de l'imagette, les portions homologues à plus grande échelle, ici J2 et J1, seront elles aussi insignifiantes.

Conformément à l'invention, on commence donc, pour les imagettes des détails, à rétroprojeter les détails à l'échelle la plus petite, puis les détails aux échelles de plus en plus grandes. Un seuil numérique est appliqué aux coefficients de l'ondelette, c'est-à-dire aux valeurs que prend la transformée dans l'imagette considérée. Une valeur inférieure à ce seuil donne une portion insignifiante, telle que J3. Cependant, les portions insignifiantes des imagettes ne sont pas reconstruites, c'est-à-dire que les calculs de rétroprojection ne sont pas effectués pour elles.

On procède concrètement en construisant un masque numérique avant de rétroprojeter l'imagette. Sur les détails horizontaux D_h , le masque est construit pour la première fois pour l'imagette D_{h3} . Il prend une valeur égale à 0 pour les portions insignifiantes telles que J3 et égale à 1 ailleurs. Les coefficients du masque se suivent dans un ordre déterminé, par exemple ligne après ligne. Les calculs de rétroprojection sont appliqués sur l'imagette considérée dans l'ordre des coefficients du masque. Quand un coefficient est égal à 0, aucun calcul n'est effectué pour le point correspondant de l'imagette,

On peut faire l'hypothèse que, pour la plupart des images rencontrées en pratique (à l'exception notamment des images texturées), si une portion telle que J3 a un contenu insignifiant, c'est-à-dire qui ne révèle rien par rapport aux valeurs significatives de l'imagette, les portions homologues à plus grande échelle, ici J2 et J1, seront elles aussi insignifiantes.

Conformément à l'invention, on commence donc, pour les imagettes des détails, à rétroprojeter les détails à l'échelle la plus petite, puis les détails aux échelles de plus en plus grandes. Un seuil numérique est appliqué aux coefficients de l'ondelette, c'est-à-dire aux valeurs que prend la transformée dans l'imagette considérée. Une valeur inférieure à ce seuil donne une portion insignifiante, telle que J3. Cependant, les portions insignifiantes des imagettes ne sont pas reconstruites, c'est-à-dire que les calculs de rétroprojection ne sont pas effectués pour elles.

On procède concrètement en construisant un masque numérique avant de rétroprojeter l'imagette. Sur les détails horizontaux Dh, le masque est construit pour la première fois pour l'imagette Dh3. Il prend une valeur égale à 0 pour les portions insignifiantes telles que J3 et égale à 1 ailleurs. Les coefficients du masque se suivent dans un ordre déterminé, par exemple ligne après ligne. Les calculs de rétroprojection sont appliqués sur l'imagette considérée dans l'ordre des coefficients du masque. Quand un coefficient est égal à 0, aucun calcul n'est effectué pour le point correspondant de l'imagette,

auquel on attribue une valeur nulle dans l'imagette rétroprojectée.

En abordant l'image suivante des détails horizontaux (Dh2), le masque numérique permet de ne pas
 5 considérer la portion J2, dont les points ne sont pas traités par l'unité de calcul qui effectue la rétroprojection. Si par exemple le masque de l'imagette Dh3 possède un coefficient nul à la ligne i et la colonne j, on prévoit que les quatre points des lignes
 10 2i et 2i+1, et des colonnes 2j et 2j+1 de l'imagette Dh2 auront aussi des valeurs insignifiantes. Les calculs de rétroprojection ne seront pas effectués pour ces points.

Un masque numérique est ainsi construit
 15 pour chaque niveau de décomposition. Le masque décrivant l'imagette Dh2 comprendra par convention des coefficients égaux à 0 pour toute portion homologue à une portion aux coefficients nuls (comme J3) du masque de l'imagette correspondante à plus petite échelle ;
 20 pour déterminer les valeurs 1 ou 0 des autres points du masque de Dh2, on utilisera encore les comparaisons avec le seuil conventionnel. D'autres portions insignifiantes, ayant des valeurs nulles de masque, pourront apparaître. C'est ce qu'on a illustré sur les
 25 imagettes Dv1, Dv2 et Dv3, des décompositions successives des détails verticaux. L'imagette Dv3 comprend une portion insignifiante K3 dont on retrouve les homologues K2 et K1 sur les décompositions à plus grande échelle. L'imagette Dv3 ne comprend, dans cet
 30 exemple, aucune autre portion insignifiante, mais il a été possible d'en trouver trois autres, notées L2, M2

auquel on attribue une valeur nulle dans l'imagette retroprojectée.

En abordant l'image suivante des détails horizontaux (Dh2), le masque numérique permet de ne pas
 5 considérer la portion J2, dont les points ne sont pas traités par l'unité de calcul qui effectue la rétroprojection. Si par exemple le masque de l'imagette Dh3 possède un coefficient nul à la ligne i et la colonne j, on prévoit que les quatre points des lignes
 10 2i et 2i+1, et des colonnes 2j et 2j+1 de l'imagette Dh2 auront aussi des valeurs insignifiantes. Les calculs de rétroprojection ne seront pas effectués pour ces points.

Un masque numérique est ainsi construit
 15 pour chaque niveau de décomposition. Le masque décrivant l'imagette Dh2 comprendra par convention des coefficients égaux à 0 pour toute portion homologue à une portion aux coefficients nuls (comme J3) du masque de l'imagette correspondante à plus petite échelle ;
 20 pour déterminer les valeurs 1 ou 0 des autres points du masque de Dh2, on utilisera encore les comparaisons avec le seuil conventionnel. D'autres portions insignifiantes, ayant des valeurs nulles de masque, pourront apparaître. C'est ce qu'on a illustré sur les
 25 imagettes Dv1, Dv2 et Dv3, des décompositions successives des détails verticaux. L'imagette Dv3 comprend une portion insignifiante K3 dont on retrouve les homologues K2 et K1 sur les décompositions à plus grande échelle. L'imagette Dv3 ne comprend, dans cet
 30 exemple, aucune autre portion insignifiante, mais il a été possible d'en trouver trois autres, notées L2, M2

et N2, sur l'imagette suivante Dv2. Au niveau de décomposition à plus grande échelle, celui de l'imagette Dv1, on ne s'occupera pas de rétroprojecter les points situés aux portions L1, M1 et N1 homologues de L2, M2 et N2.

On va maintenant examiner d'autres particularités du procédé de l'invention favorables, à une accélération des calculs.

La première repose sur l'égalité entre la transformée de Fourier d'une projection de l'image à un angle fixé et la transformée de Fourier de l'image sur une droite de même angle passant par l'origine.

En se reportant à la figure 3, où un jeu de projections a été converti dans le domaine de Fourier pour donner des projections de nature fréquentielle dans le système d'axes notés ζ_1 et ζ_2 , le support du jeu de projection dans le domaine de Fourier comprend les valeurs comprises entre v_0 et v_0 pour ζ_1 comme pour ζ_2 . Une décomposition en ondelette, comme celle de la figure 1, fait apparaître l'approximation encore notée AA dans les fréquences les plus basses, autour de l'origine $\zeta_1 = \zeta_2 = 0$, alors que les détails se trouvent de part et d'autre de cette approximation, à des fréquences de plus en plus grandes pour les détails à grande échelle.

On a représenté une droite passant par l'origine, en faisant un angle θ avec l'axe horizontal ζ_1 . Cette droite traverse l'approximation AA, ainsi que les imagettes des détails verticaux Dv1 et Dv2. Mais on est assuré que les projections faisant cet angle θ

et N2, sur l'imagerie suivante Dv2. Au niveau de décomposition à plus grande échelle, celui de l'imagerie Dv1, on ne s'occupera pas de rétroprojecter les points situés aux portions L1, M1 et N1 homologues de L2, M2 et N2.

On va maintenant examiner d'autres particularités du procédé de l'invention favorables, à une accélération des calculs.

La première repose sur l'égalité entre la transformée de Fourier d'une projection de l'image à un angle fixé et la transformée de Fourier de l'image sur une droite de même angle passant par l'origine.

En se reportant à la figure 3, où un jeu de projections a été converti dans le domaine de Fourier pour donner des projections de nature fréquentielle dans le système d'axes notés ζ_1 et ζ_2 , le support du jeu de projection dans le domaine de Fourier comprend les valeurs comprises entre $-v_0$ et v_0 pour ζ_1 comme pour ζ_2 . Une décomposition en ondelette, comme celle de la figure 1, fait apparaître l'approximation encore notée AA dans les fréquences les plus basses, autour de l'origine $\zeta_1 = \zeta_2 = 0$, alors que les détails se trouvent de part et d'autre de cette approximation, à des fréquences de plus en plus grandes pour les détails à grande échelle.

On a représenté une droite passant par l'origine, en faisant un angle θ avec l'axe horizontal ζ_1 . Cette droite traverse l'approximation AA, ainsi que les imageries des détails verticaux Dv1 et Dv2. Mais on est assuré que les projections faisant cet angle θ

seront tout à fait inutiles pour les calculs de rétroprojection des détails diagonaux D_d et horizontaux D_h puisque la droite d'angle θ passe à l'écart de leurs imagettes. L'application de l'invention comprend alors
 5 une sélection, pour chacune des catégories d'imagettes, des angles de projections qui seront utilisés dans les calculs. Le calcul sur le support des projections est élémentaire.

La figure 4 reprend la division d'une image
 10 décomposée en ondelette et transposée dans le domaine de Fourier. Une reconstruction parfaite peut être obtenue avec l'emploi d'un nombre déterminé de projections, dépendant de la fréquence (discrétisation) de reconstruction de l'image de l'objet. Ainsi, pour
 15 reconstruire l'approximation AA, on peut démontrer qu'il suffira de choisir un nombre de projections, parmi celles qui ont été faites, correspondant à une fréquence maximale ν_1 servant de rayon à un cercle circonscrivant la représentation fréquentielle de
 20 l'approximation AA dans la décomposition. De même, les détails à petite échelle seront complètement rendus en utilisant un nombre de projections correspondant à la fréquence ν_2 dans le cercle ayant ce rayon, dans le système d'axes ζ_1 , ζ_2 , et circonscrivant les
 25 représentations fréquentielles du groupe de détails D_{ν_2} , D_d et D_h à même échelle. Le support des projections dans le domaine de Fourier permet donc de connaître aisément les fréquences maximales nécessaires pour la rétroprojection parfaite des imagettes
 30 respectives.

seront tout à fait inutiles pour les calculs de rétroprojection des détails diagonaux D_d et horizontaux D_h puisque la droite d'angle θ passe à l'écart de leurs imagettes. L'application de l'invention comprend alors
 5 une sélection, pour chacune des catégories d'imagettes, des angles de projections qui seront utilisés dans les calculs. Le calcul sur le support des projections est élémentaire.

La figure 4 reprend la division d'une image
 10 décomposée en ondelette et transposée dans le domaine de Fourier. Une reconstruction parfaite peut être obtenue avec l'emploi d'un nombre déterminé de projections, dépendant de la fréquence (discrétisation) de reconstruction de l'image de l'objet. Ainsi, pour
 15 reconstruire l'approximation AA, on peut démontrer qu'il suffira de choisir un nombre de projections, parmi celles qui ont été faites, correspondant à une fréquence maximale v_1 servant de rayon à un cercle circonscrivant la représentation fréquentielle de
 20 l'approximation AA dans la décomposition. De même, les détails à petite échelle seront complètement rendus en utilisant un nombre de projections correspondant à la fréquence v_2 dans le cercle ayant ce rayon, dans le système d'axes ζ_1 , ζ_2 , et circonscrivant les
 25 représentations fréquentielles du groupe de détails D_{v2} , D_{d2} et D_{h2} à même échelle. Le support des projections dans le domaine de Fourier permet donc de connaître aisément les fréquences maximales nécessaires pour la rétroprojection parfaite des imagettes
 30 respectives.

La mise en œuvre de l'invention pour exploiter ces deux particularités comprendra donc, à la rétroprojection de chacune des imasettes, une sélection des projections utiles pour cette rétroprojection, en
 5 écartant les autres ; et éventuellement une restriction du nombre de projections utiles effectivement exploitées par le calcul pour n'en garder que le nombre utile.

La figure 5 est un organigramme de
 10 l'ensemble du procédé décrit ici.

La mise en œuvre de l'invention pour exploiter ces deux particularités comprendra donc, à la rétroprojection de chacune des imasettes, une sélection des projections utiles pour cette rétroprojection, en
5 écartant les autres ; et éventuellement une restriction du nombre de projections utiles effectivement exploitées par le calcul pour n'en garder que le nombre utile.

La figure 5 est un organigramme de
10 l'ensemble du procédé décrit ici.

REVENDICATIONS

1. Procédé de reconstruction d'une image à partir de jeux de projections de cette image, comprenant une
 - 5 série de décompositions successives des jeux de projections en ondelette donnant ~~des imagerie~~ ^{ou jeu de projection} ~~des jeux~~ des projections, comprenant des images ~~de~~ d'une approximation (AA) et des séries successives (Dd, Dh, Dv) de détails homologues de chaque jeu, puis des
 - 10 rétroprojections ~~des imagerie~~ des jeux de projection ^{de} en imagerie de l'image à reconstruire et une combinaison des imagerie à reconstruire par une inversion de décomposition donnant ladite image, caractérisé en ce qu'il comprend, dans chacune des
 - 15 séries et successivement pour des imagerie de détails ayant un nombre croissant de points, une recherche de portions insignifiantes jugées pour dépourvues de contenu, et une recherche de portions homothétiques des portions insignifiantes dans chacune des imagerie de
 - 20 détails qui suivent dans la série ; et en ce qu'il comprend une omission des rétroprojections pour toutes ~~les portions insignifiantes et toutes les portions homothétiques.~~ ^{les portions insignifiantes et les portions homothétiques de portions insignifiantes}
2. Procédé de reconstruction d'une image suivant la
 - 25 revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une sélection de régions d'angles (θ) des jeux de projections qui sont utilisés dans les rétroprojections.
3. Procédé de reconstruction d'une image suivant la
 - 30 revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend une

REVENDICATIONS

1. Procédé de reconstruction d'une image à partir de jeux de projections de cette image, comprenant une
5 série de décompositions successives des jeux de projections en ondelette donnant des imasettes des jeux des projections, comprenant des images d'une approximation (AA) et des séries successives (Dd, Dh, Dv) de détails homologues de chaque jeu, puis des
10 rétroprojections des imasettes des jeux de projection en imasettes de l'image à reconstruire et une combinaison des imasettes à reconstruire par une inversion de décomposition donnant ladite image, caractérisé en ce qu'il comprend, dans chacune des
15 séries et successivement pour des imasettes de détails ayant un nombre croissant de points, une recherche de portions insignifiantes jugées pour dépourvues de contenu, et une recherche de portions homothétiques des portions insignifiantes dans chacune des imasettes de
20 détails qui suivent dans la série ; et en ce qu'il comprend une omission des rétroprojections pour toutes les portions insignifiantes et toutes les portions homothétiques.

2. Procédé de reconstruction d'une image suivant la
25 revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une sélection de régions d'angles (θ) des jeux de projections qui sont utilisés dans les rétroprojections.

3. Procédé de reconstruction d'une image suivant la
30 revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend une

sélection d'un nombre de projections qui sont utilisées dans la rétroprojections. /

4. Procédé de reconstruction d'une image suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la sélection des
5 régions d'angle est réalisée en fonction d'un support d'une transformée de Fourier des jeux de projections décomposés en ondelette.

5. Procédé de reconstruction d'une image suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la sélection du
10 nombre de projections est réalisée en fonction de fréquences maximales d'un support d'une transformée de Fourier des jeux de projection décomposés en ondelette.

X

sélection d'un nombre de projections qui sont utilisées dans la rétroprojections.

4. Procédé de reconstruction d'une image suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la sélection des
5 régions d'angle est réalisée en fonction d'un support d'une transformée de Fourier des jeux de projections décomposés en ondelette.

5. Procédé de reconstruction d'une image suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la sélection du
10 nombre de projections est réalisée en fonction de fréquences maximales d'un support d'une transformée de Fourier des jeux de projection décomposés en ondelette.

DIFFUSION RESTREINTE

1/8 7

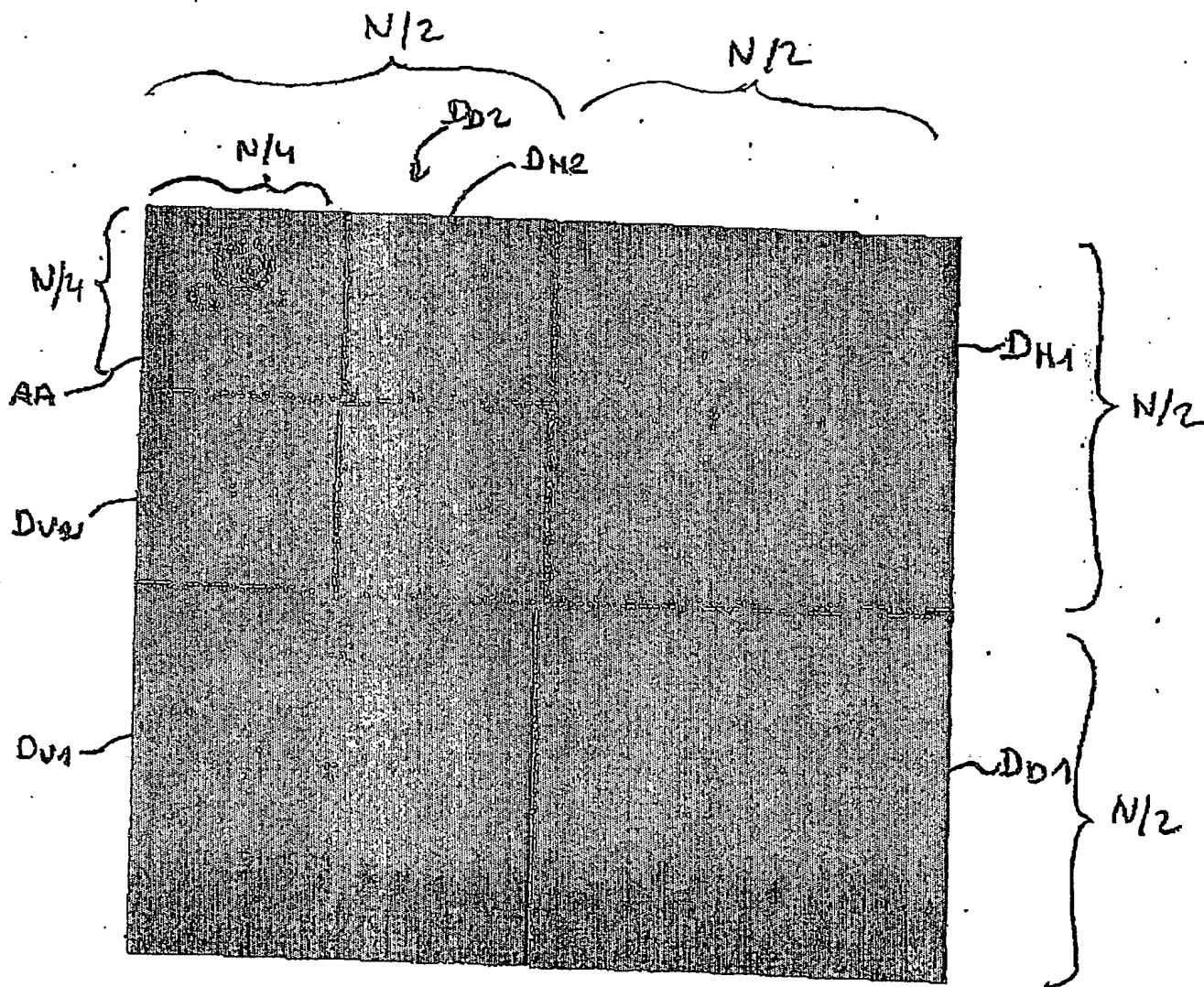


FIG. 1

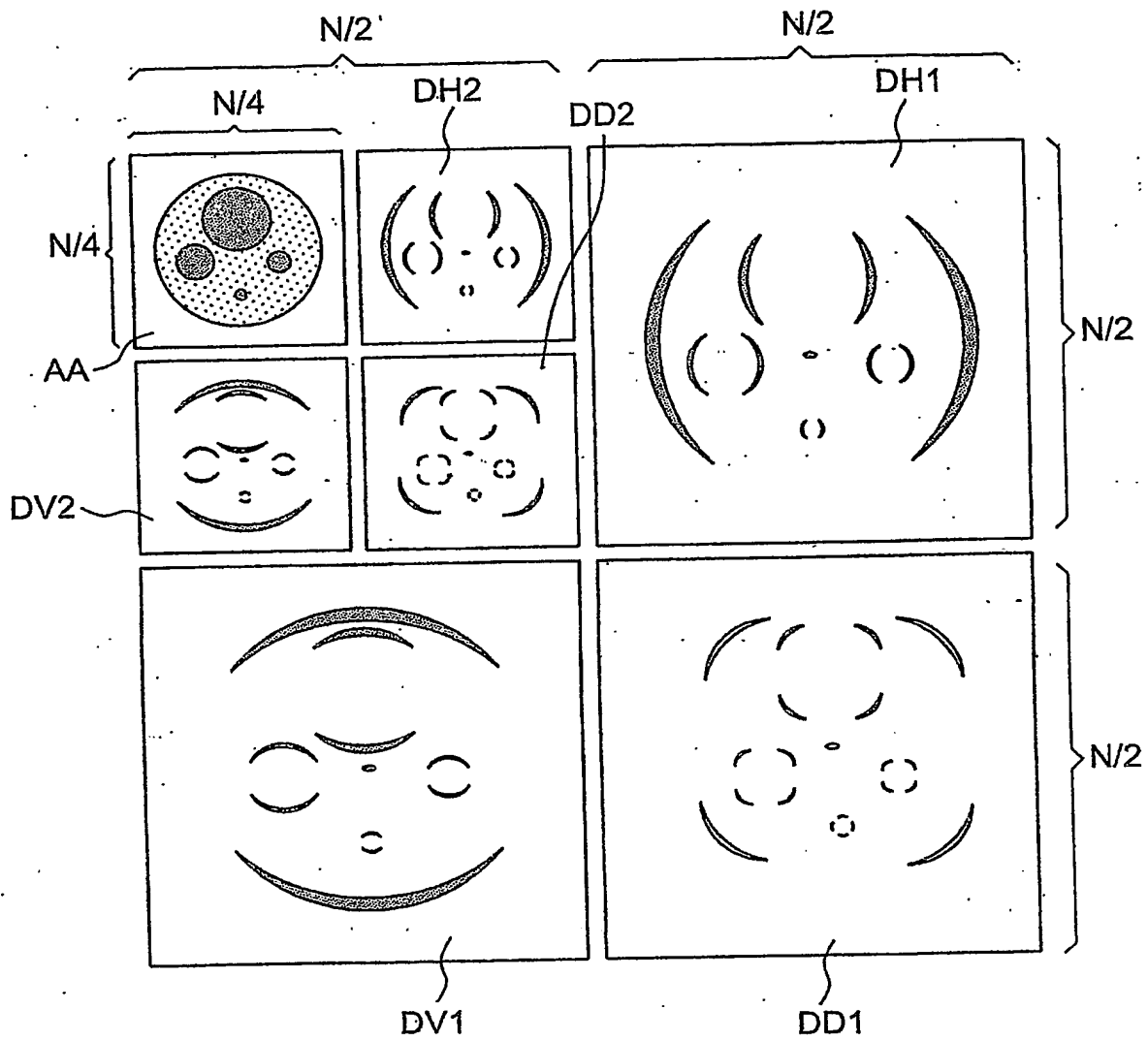


FIG. 1

DIFFUSION RESTREINTE

2/8 7

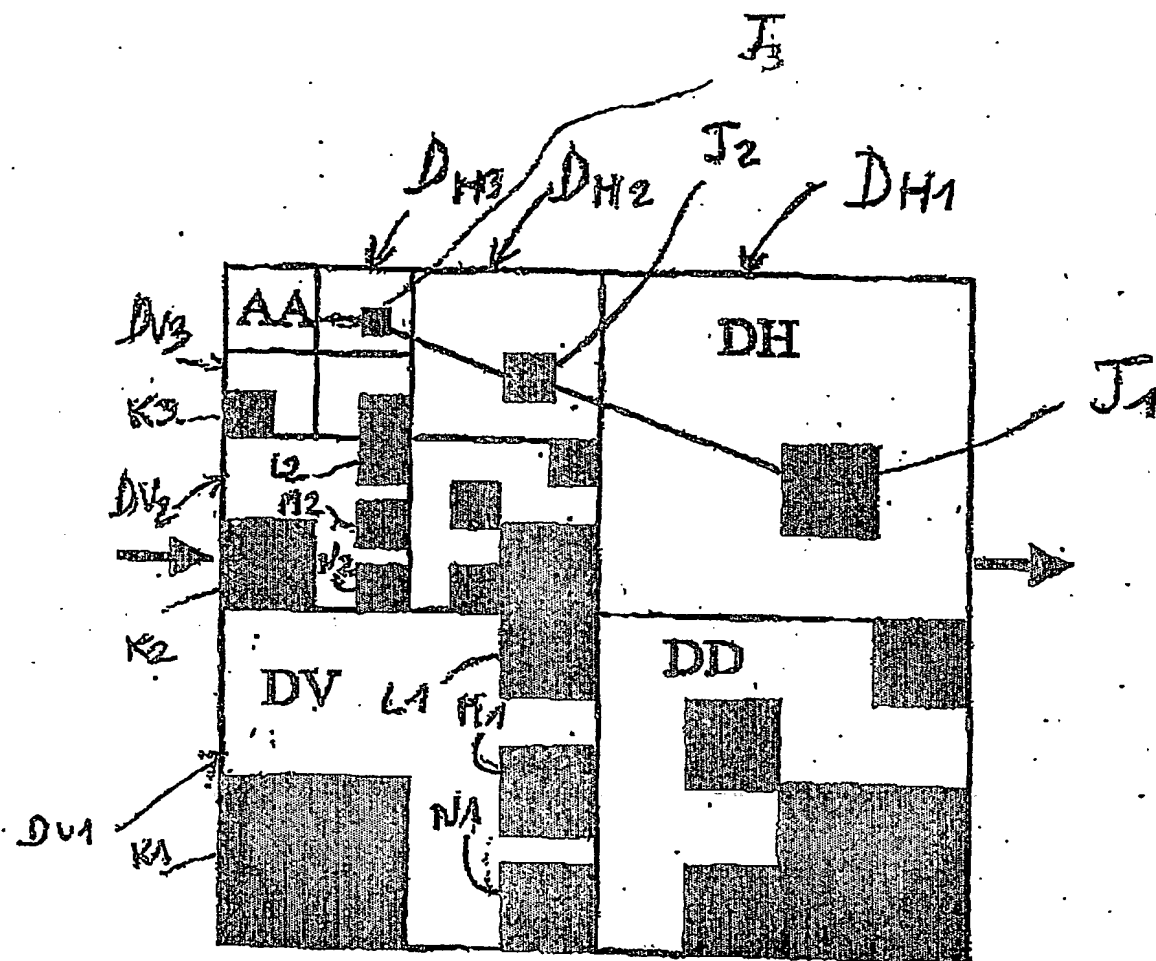


FIG. 2

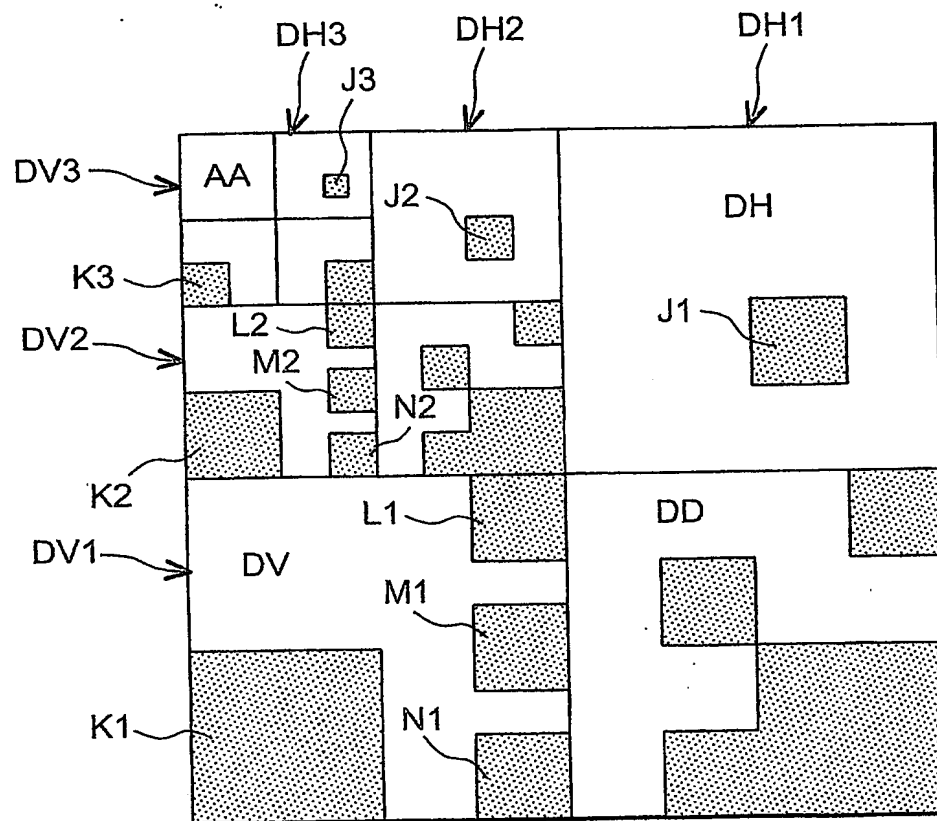


FIG. 2

3187

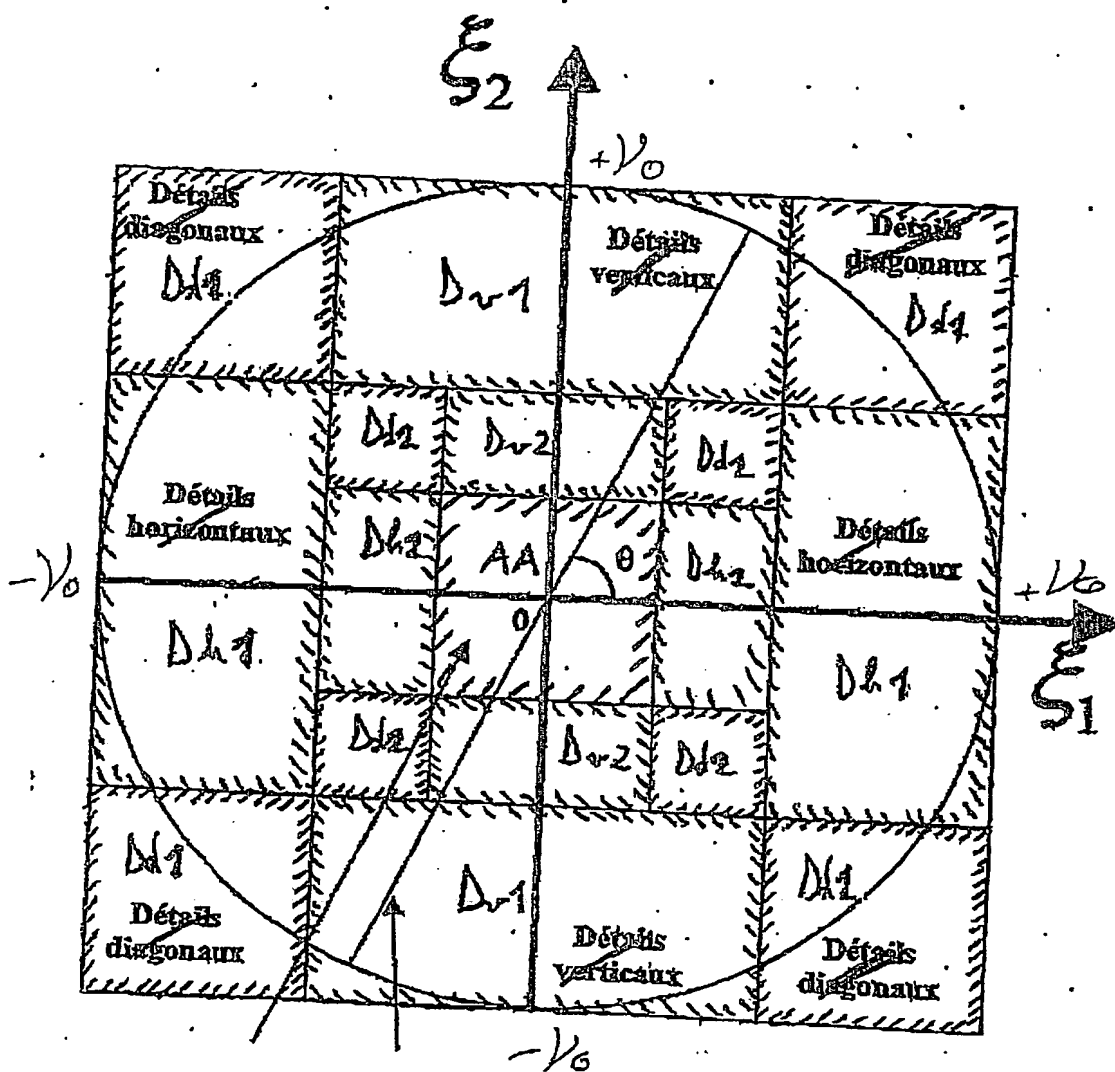


Fig 3

DIFFUSION RESTREINTE

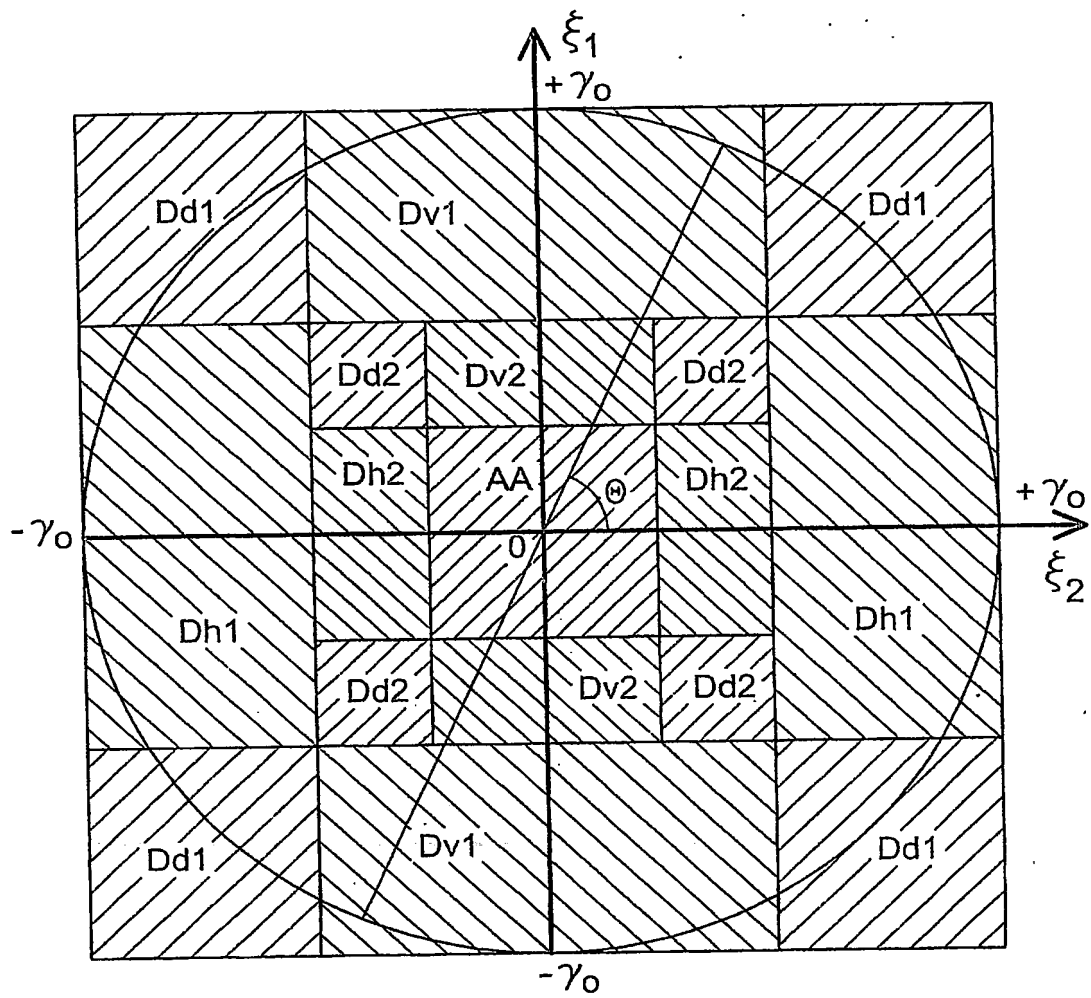


FIG. 3

4/8.7

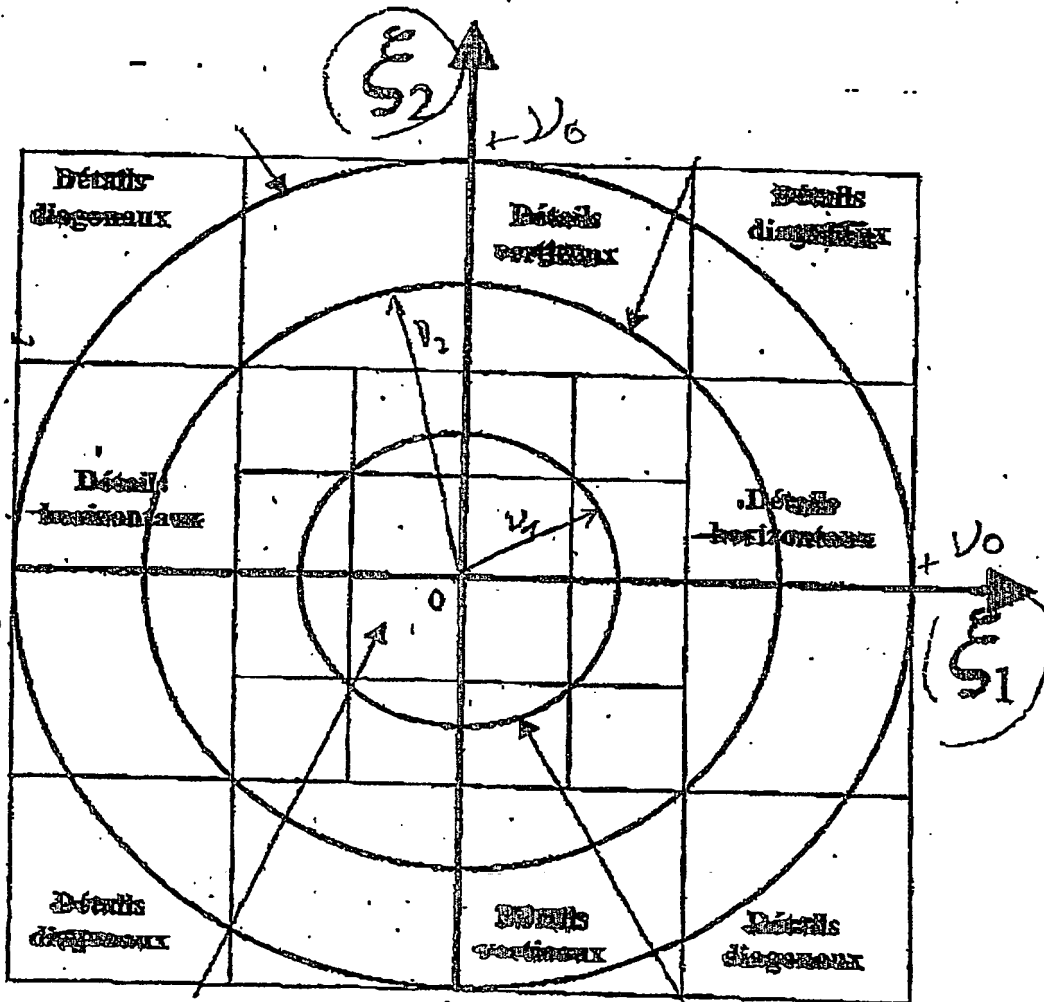


FIG. 4

DIFFUSION RESTREINTE

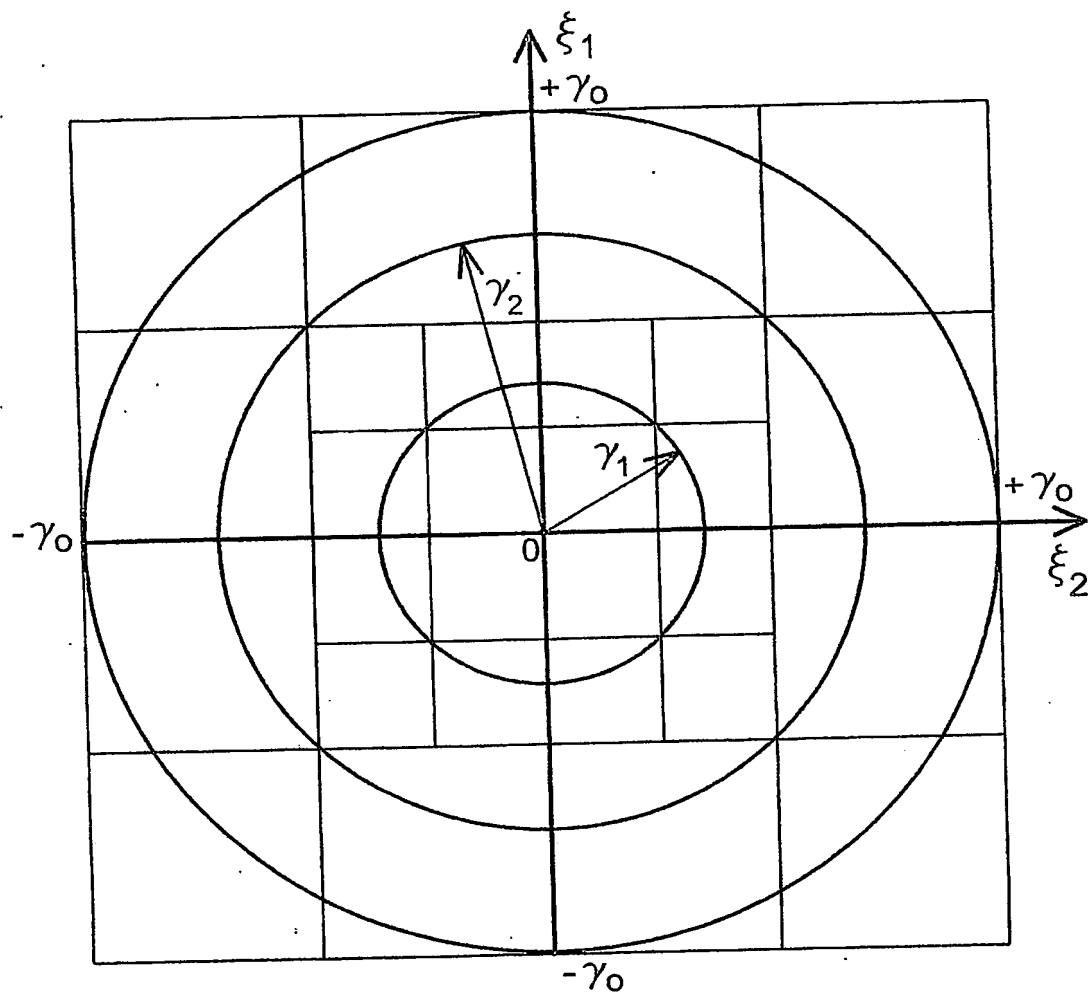
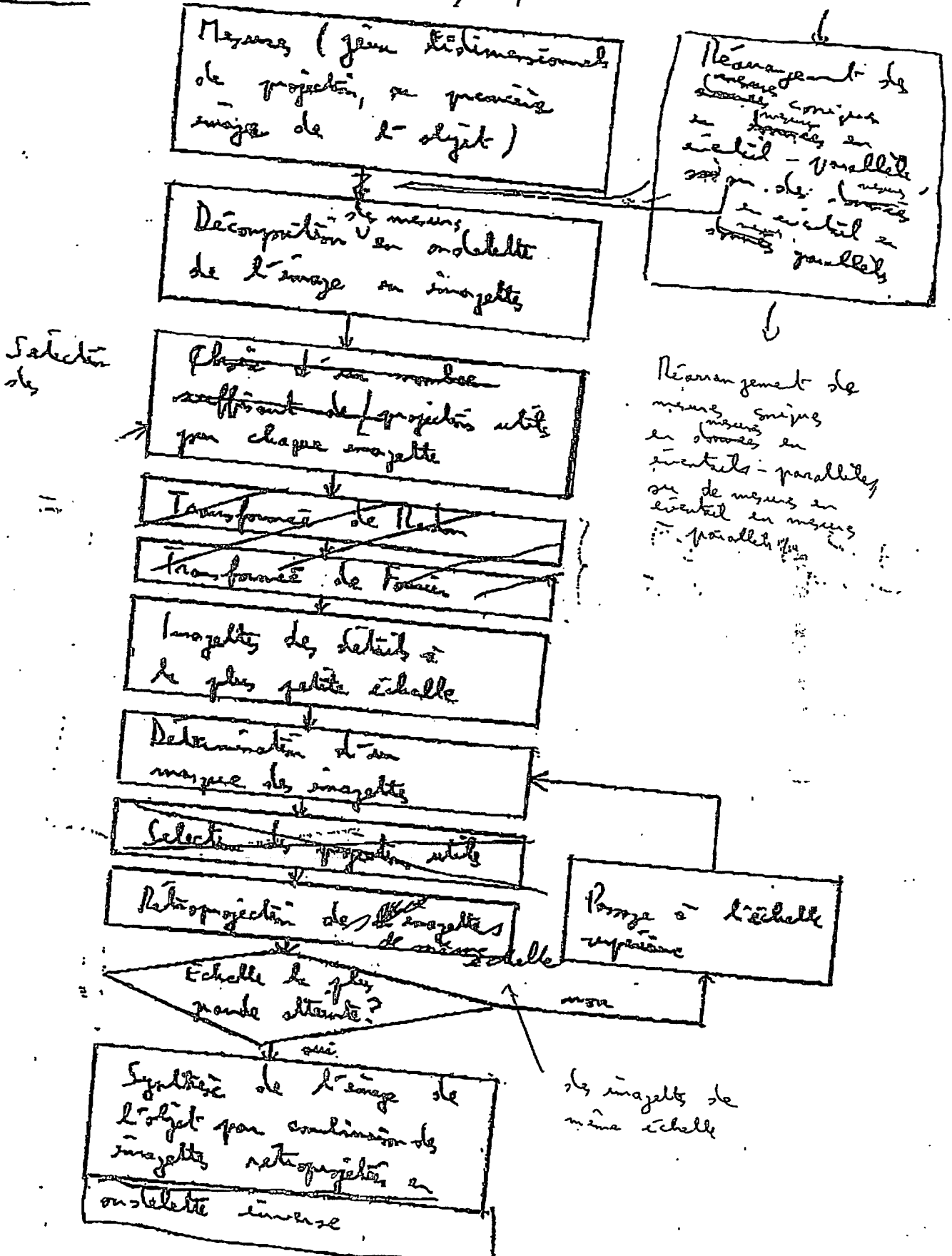
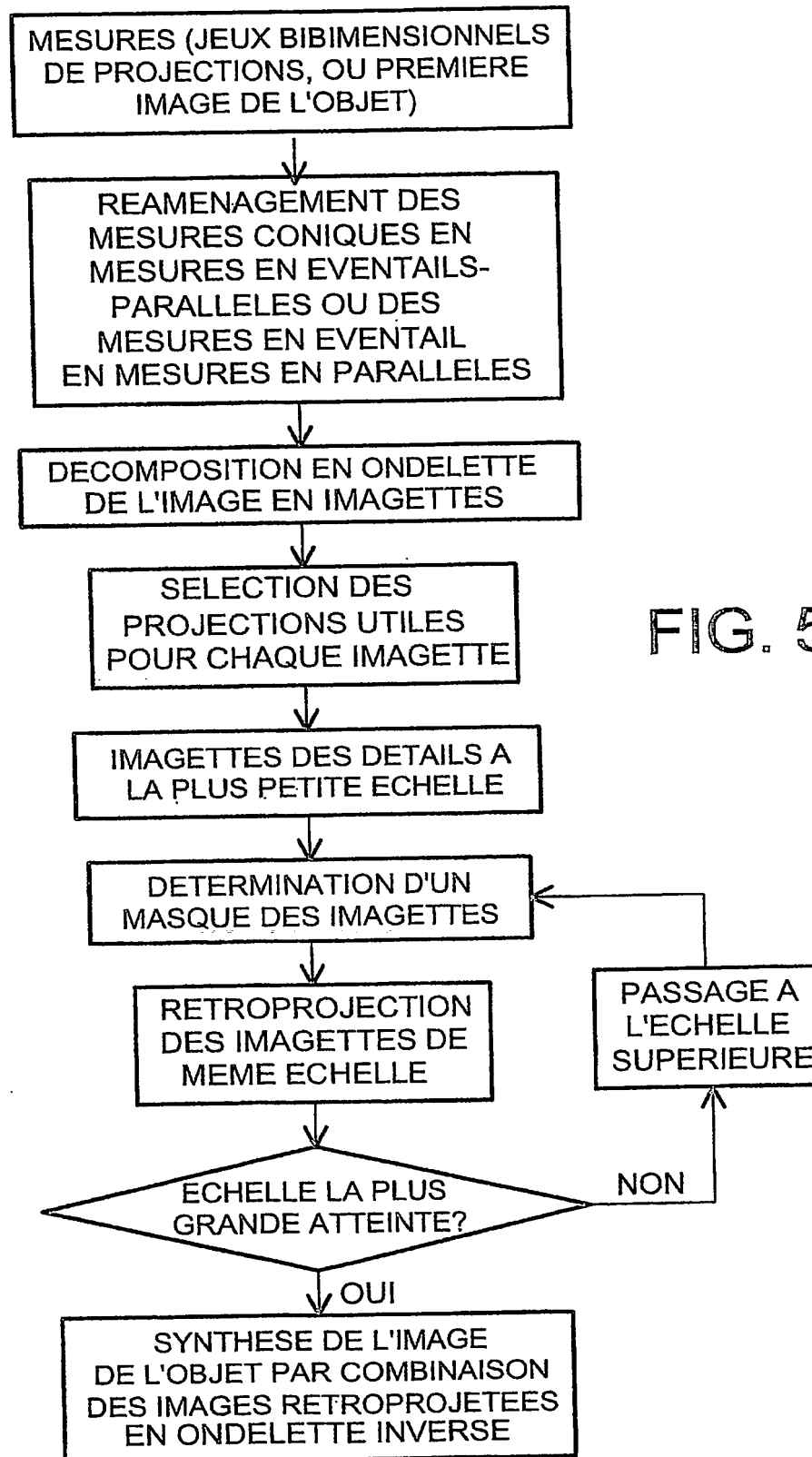


FIG. 4





1/4

6/7

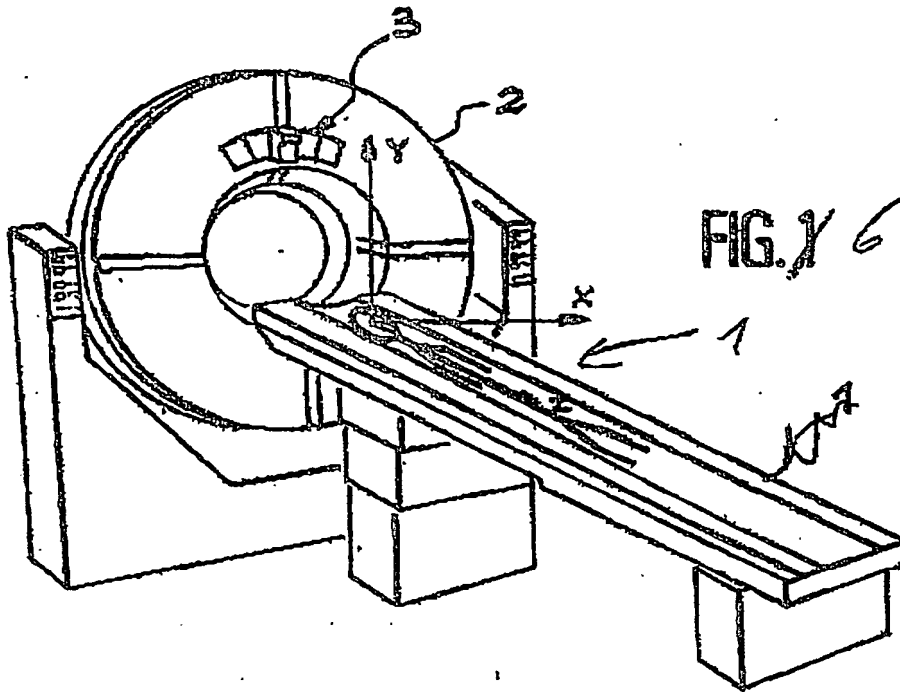


FIG. 1 6

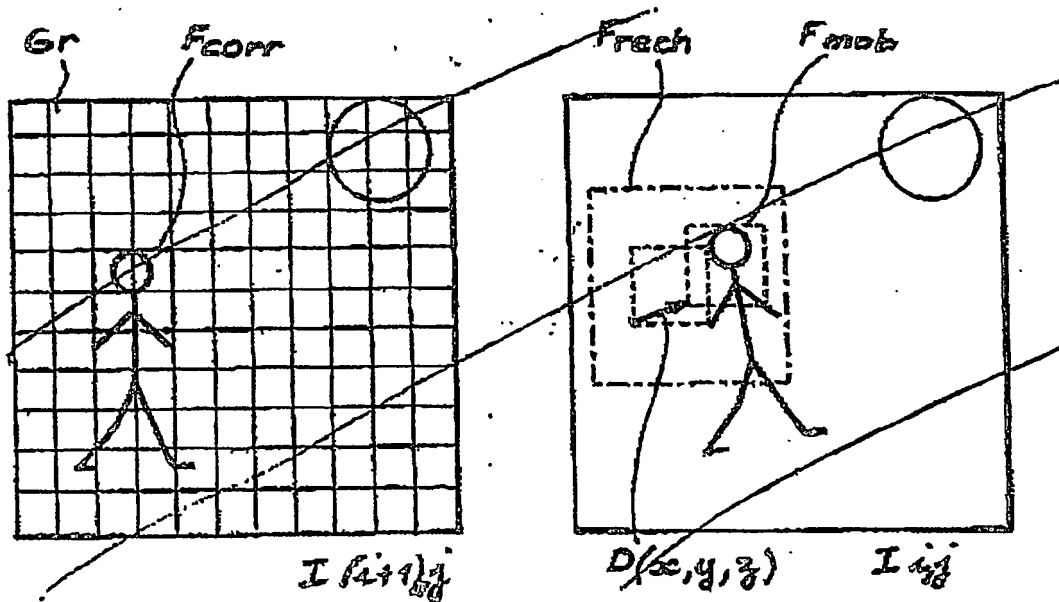
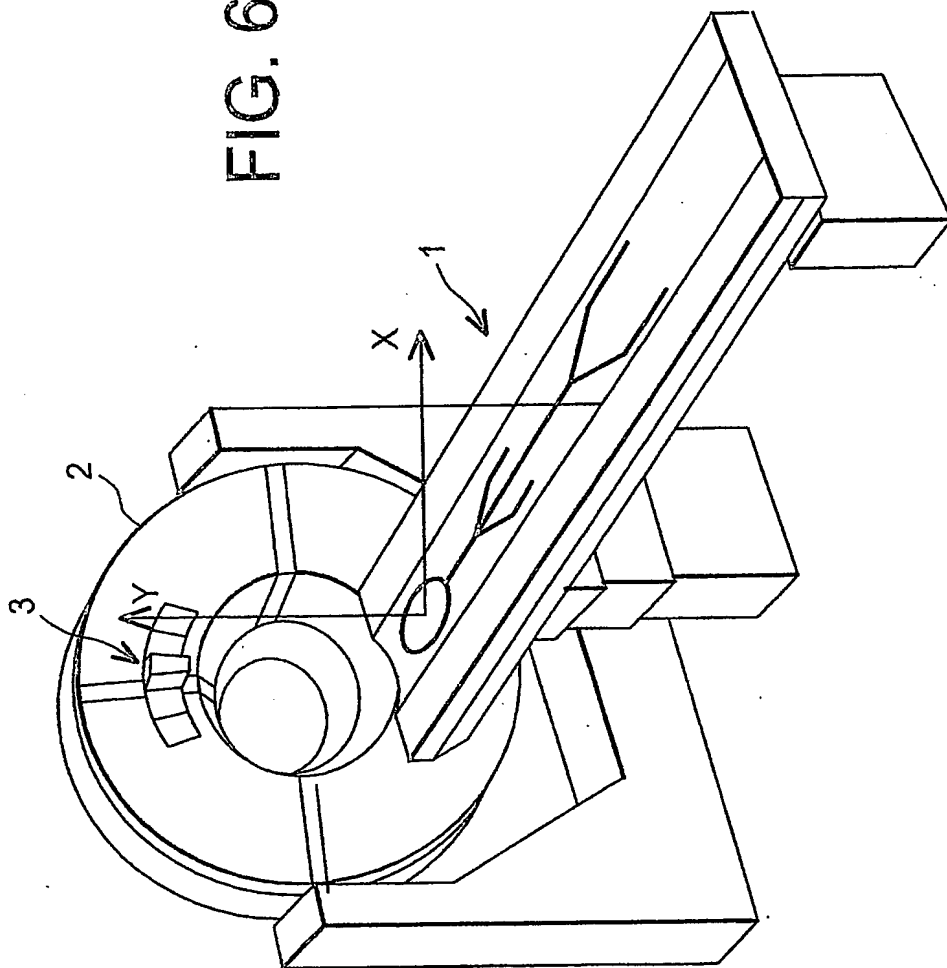


FIG. 6

DIFFUSION RESTREINTE

B.13790

FIG. 6



224 7/7

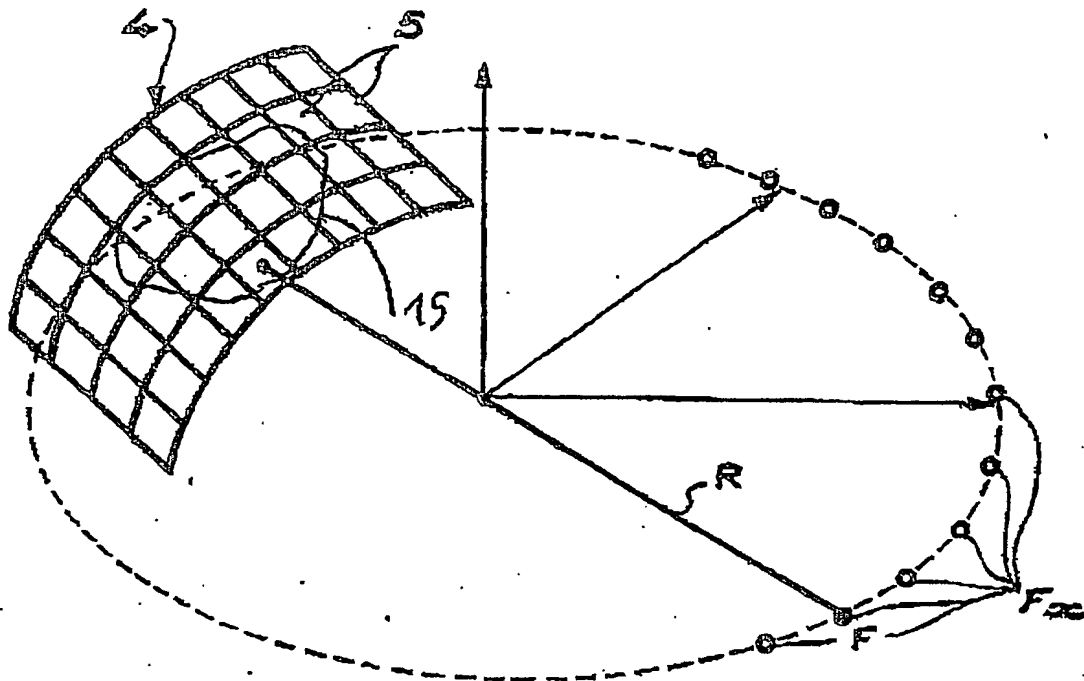


FIG. 27

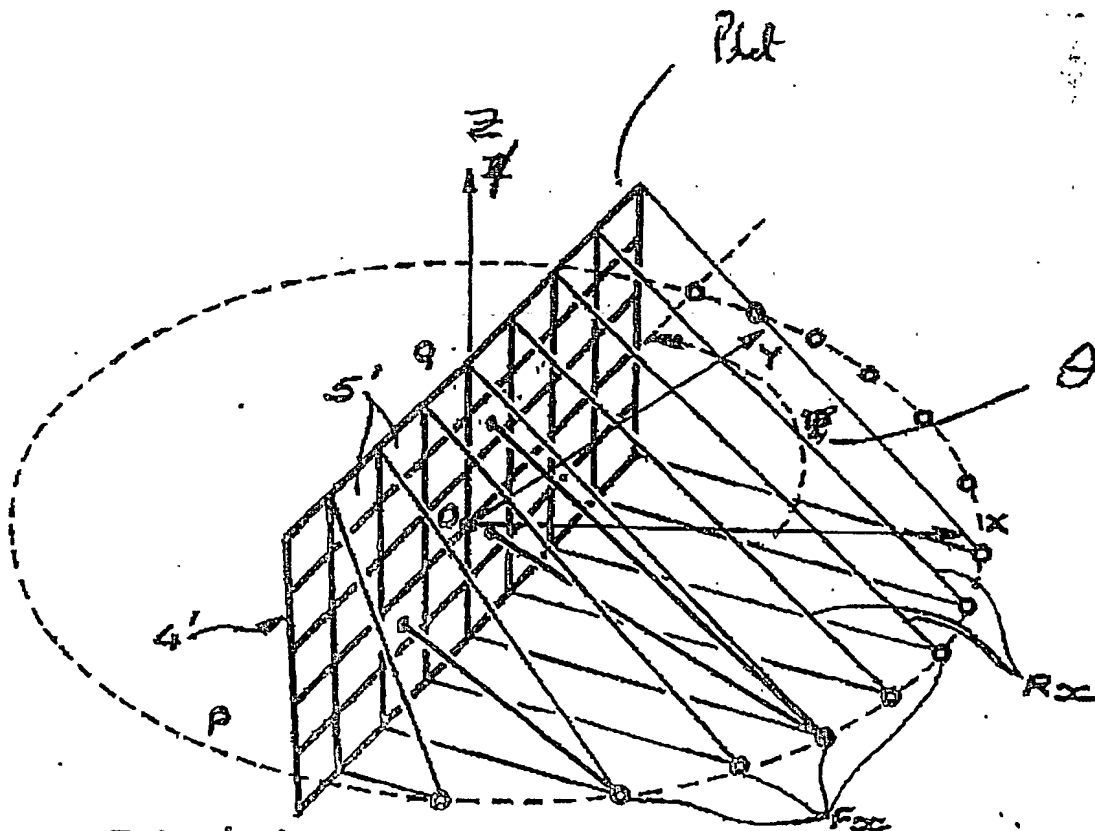


FIG. 38

DIFFUSION RESTREINTE

B.13790

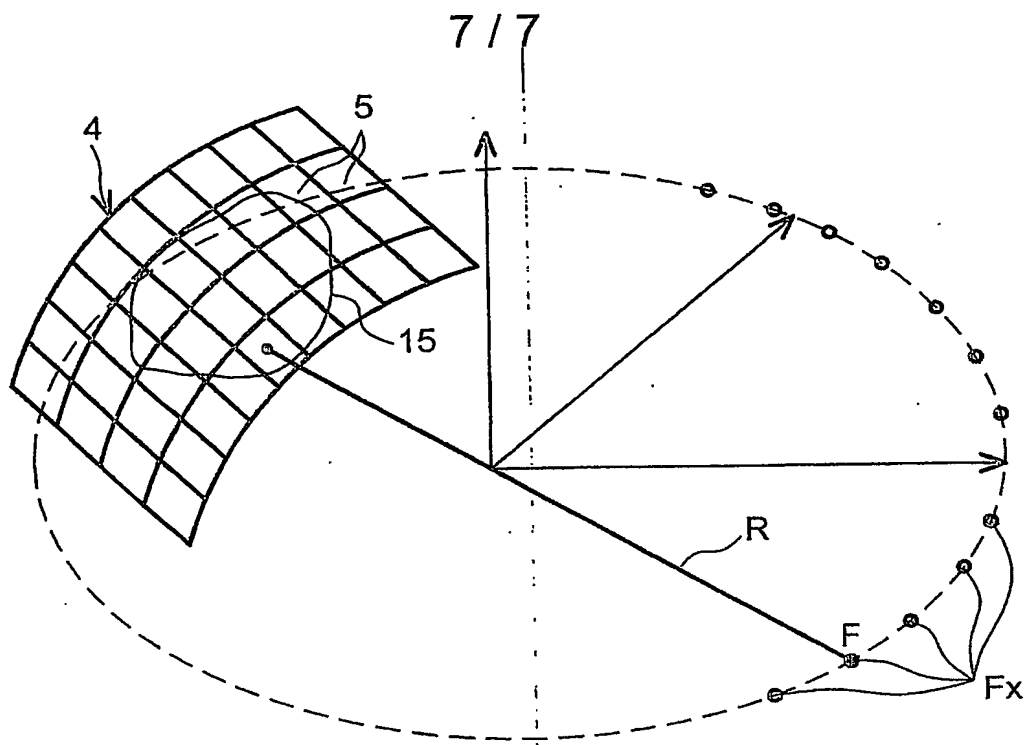


FIG. 7

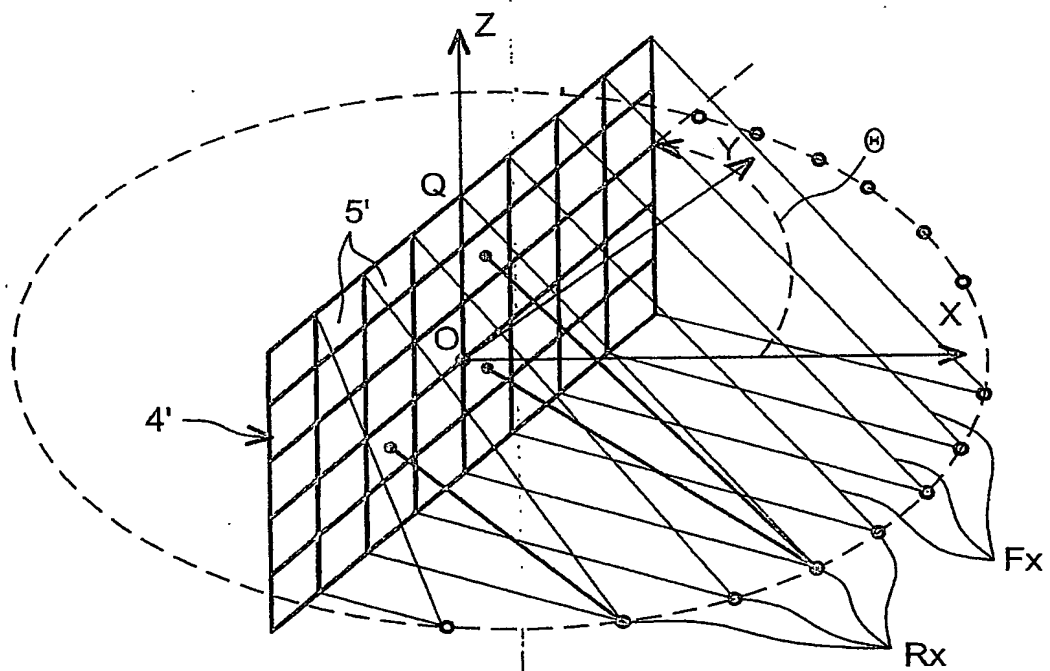


FIG. 8

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1../1..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)	B 14194.3/JCI DD2377	JCI
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02.12925 DU 17.10.2002	

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE RECONSTRUCTION D 'UNE IMAGE A PARTIR D'UN JEU DE PROJECTIONS PAR APPLICATION D'UNE TRANSFORMEE EN ONDELETTE.

LE(S) DEMANDEUR(S) :

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
31-33 rue de la Fédération
75752 PARIS

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

1	Nom	GRANGEAT
	Prénoms	Pierre
Adresse	Rue	136 allée des Vignes du Persan
	Code postal et ville	3 8 3 3 0 SAINT ISMIER
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	RODET
	Prénoms	Thomas
Adresse	Rue	La Perrière Saint Martin
	Code postal et ville	0 1 6 8 0 LHUIS
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	DESBAT
	Prénoms	Laurent
Adresse	Rue	2 grande Rue
	Code postal et ville	3 8 0 0 0 GRENOBLE
Société d'appartenance (facultatif)		

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

DATE ET SIGNATURE(S)

DU (DES) DEMANDEUR(S)

OU DU MANDATAIRE

(Nom et qualité du signataire)

PARIS LE 12 DECEMBRE 2002
J. LEHU

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.